

**PROGRAM RID – ROZWÓJ INNOWACJI DROGOWYCH
GDDKiA i NCBiR 2015-2018**

Temat: **Ochrona przed hałasem drogowym**

Wykonuje konsorcjum zespołów z Politechnik:
Krakowskiej, Warszawskiej (dr hab.K.Kowalski),
Wrocławskiej (prof.A.Szydło), IBDIM W-wa (prof.
A. Zofka) i Lubelskiej (dr J.Bohatkiewicz)

**Kier. Projektu : prof. Marian Tracz,
Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu, Pol. Krakowska**

Zadania w projekcie - 9

1. Metodyka pomiaru hałasu drogowego wraz z badaniami porównawczymi.

2. Ocena rozwiązań materiałowo-technologicznych górnych warstw nawierzchni asfaltowych i zalecenia w zakresie ich hałaśliwości.

3. Ocena rozwiązań materiałowo-technologicznych górnych warstw nawierzchni betonowych i zalecenia w zakresie ich hałaśliwości.

4. Wytyczne prowadzenia badań i oceny hałaśliwości nawierzchni drogowych.

5. Ocena nawierzchni drogowych pod względem hałaśliwości wraz z katalogiem klasyfikacyjnym nawierzchni drogowych.

6. Opracowanie sposobów i zasad ustalania miarodajnych wartości parametrów ruchu oraz wybór metod pomiarowych do analiz hałasu.

7. Kształtowanie urbanistyczne układów droga – zabudowa w aspekcie ochrony akustycznej ochrony mieszkańców przed hałasem.

8. Innowacyjne metody i środki w kompleksowej ochronie otoczenia drogi przed hałasem z ocena ich skuteczności i uwarunkowań stosowania.

9. Kompleksowa ochrona otoczenia dróg przed hałasem z uwzględnieniem cichych nawierzchni i infrastruktury redukującej hałas.-

Cel: Kompleksowa ochrona otoczenia dróg przed hałasem z uwzględnieniem cichych nawierzchni i infrastruktury redukującej hałas

Obecnie ochrona ogranicza się do budowy sztucznych ekranów (adm. drogowa), oraz budowę ogrodzeń (np. gabiony, tuje i inne formy zieleni (przez mieszkańców).

Buduje się także eksperymentalne ciche nawierzchnie

Autorzy wniosku postawili tezę mówiącą, że w ochronie akustycznej otoczenia drogi należy:

- uwzględniać kompleksowe i nowoczesne stosowanie metod i środków ochrony z uwzględnieniem cichych nawierzchni i infrastruktury redukującej hałas w otoczeniu drogi i zabudowy z zastosowaniem innowacyjnych procedur postępowania, metod i środków, przy zachowaniu wniosków z OOS i protestów ludności.

**zagospodarowanie
przestrzenne**

**ochronna akustyczna
ekrany
gabiony
zieleń
osłona zabudowy**

**ściany budynku
układ pomieszczeń**



**Propagacja
hałasu**

Odbiorcy

Źródła

**ciche nawierzchnie
bitumiczne
betonowe
utrzymanie**

**natężenie ruchu
ruch ciężki
prędkość**

**odległość i wysokość
zabudowy
rozplanowanie
działki**

Kompleksowe podejście do ochrony otoczenia drogi przed hałasem polegać będzie na uwzględnieniu:

- a) Rozwiązań urbanistycznych – tj. lokalizacji drogi w oddaleniu od zabudowy i odwrotnie
- b) Rozwiązań ograniczających hałas u źródła:
 - ruch i jego parametry: natężenie, prędkość i udział ruchu ciężkiego (natężenie S.C.+A),
 - niweleta drogi w stosunku do otoczenia,
 - efektu budowy cichej nawierzchni (ze zmianami w czasie) oraz zmian opon pojazdów

c) środków ochrony akustycznej otoczenia tj. wrażliwej zabudowy i wrażliwych terenów (rekreacyjnych) – przez różne formy ekranów akustycznych i osłon – w tym niskich ekranów, ekranowania przez zieleni itp.

d) środków ochrony dotyczących bezpośrednio samej zabudowy; np. lokalizacja na działce:

- budynku, stref cichych, zagospodarowanie działki oraz jej otoczenia (sąsiedztwo)
- lokalizacja pomieszczeń w budynku (badania hałasu na poszczególnych ścianach) oraz okna i drzwi

Dobre zagospodarowanie przestrzenne umożliwia:

- oddalenie budynku od drogi i lepszy klimat akustyczny w obrębie posesji,
- osłonę budynku garażami , obiektami komercyjnymi, pasem zieleni, itp.

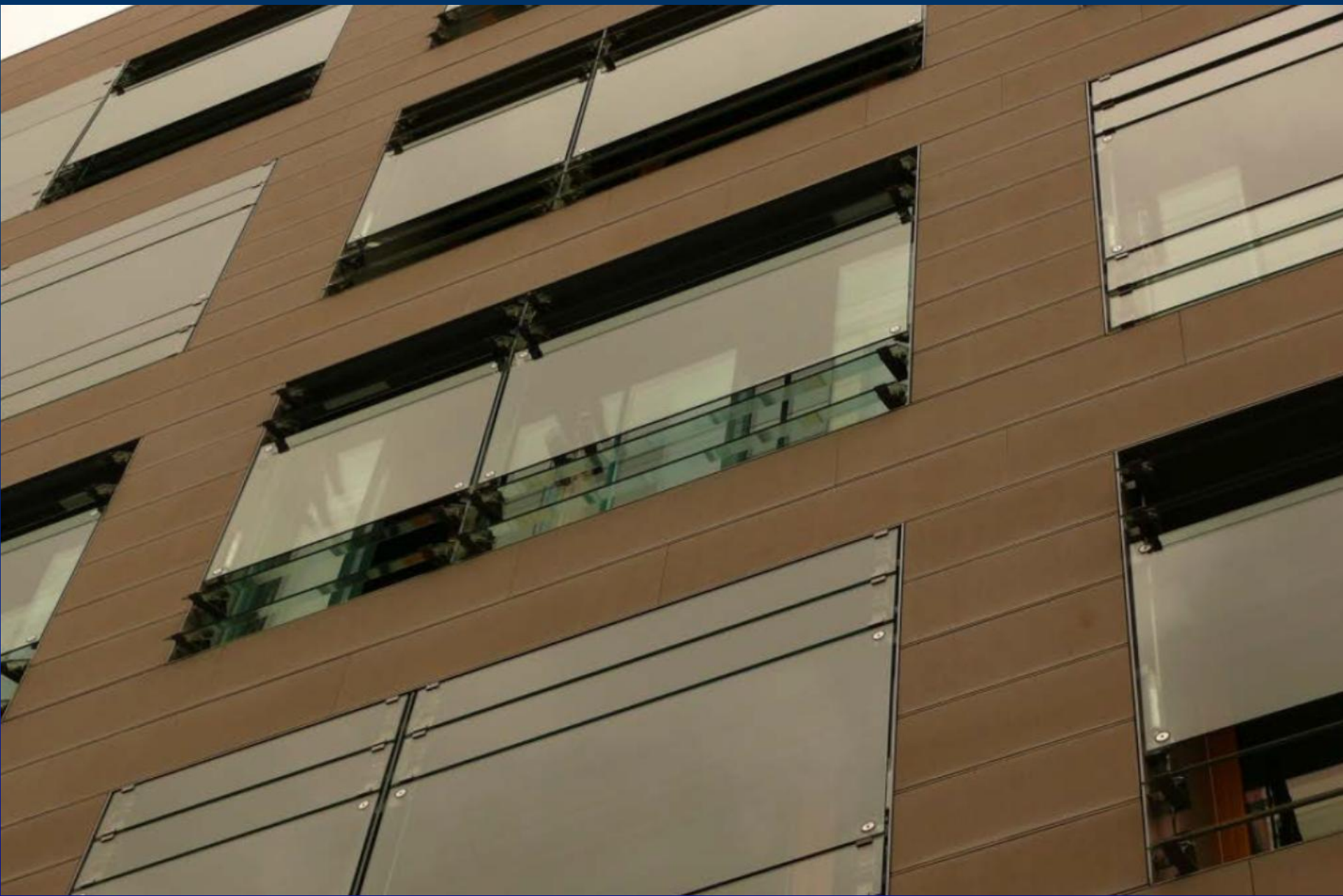
W procedurze poszukiwania rozwiązań należy:

1. Określić kryteria oceny oraz zakresy wpływu hałasu przy wariantowym projektowaniu trasy i niwelety drogi (m.in. z wykorzystaniem map hałasu)
2. Zidentyfikować możliwe opcje ochrony i koszty
3. Dokonać oceny wpływu hałasu w odniesieniu do kryteriów dla ustalonych opcji oraz rozważyć kluczowe problemy realizacji i funkcjonalne każdej z opcji (używamy Soundplan, Knossos)
4. Ustalić optymalne rozwiązanie ochrony
5. Odbyć konsultacje społeczne w ramach OOŚ

Sposoby kształtowania klimatu akustycznego posesji przyległej do drogi

1. Usytuowanie budynków na terenie działki
2. Ogrodzenia tłumiące hałas
3. Roślinność (m.in. tuje)
4. Ekranowanie wewnętrzne
5. Układ pomieszczeń i wielkość otworów okiennych
6. Dźwiękoizolacyjne elewacje i okna





- Stosowaniem innych środków ekranowania w tym niewrażliwą na hałas zabudową ekranującą (garaże, budynki gospodarcze, usługowe)
- Metodami inżynierii ruchu (np. ograniczenia prędkości, ruchu sam. ciężarowych)
- Tzw. cichymi nawierzchniami: nawierzchnia zwykła – cicha 2,0-5,0 (?) dB i jej wpływ na ww. elementy (potrzebę ekranowania, odległości i wysokości zabudowy)

Ciche nawierzchnie

Rozwiązania materiałowo-technologiczne obniżające hałas drogowy

Które rozwiązanie preferować

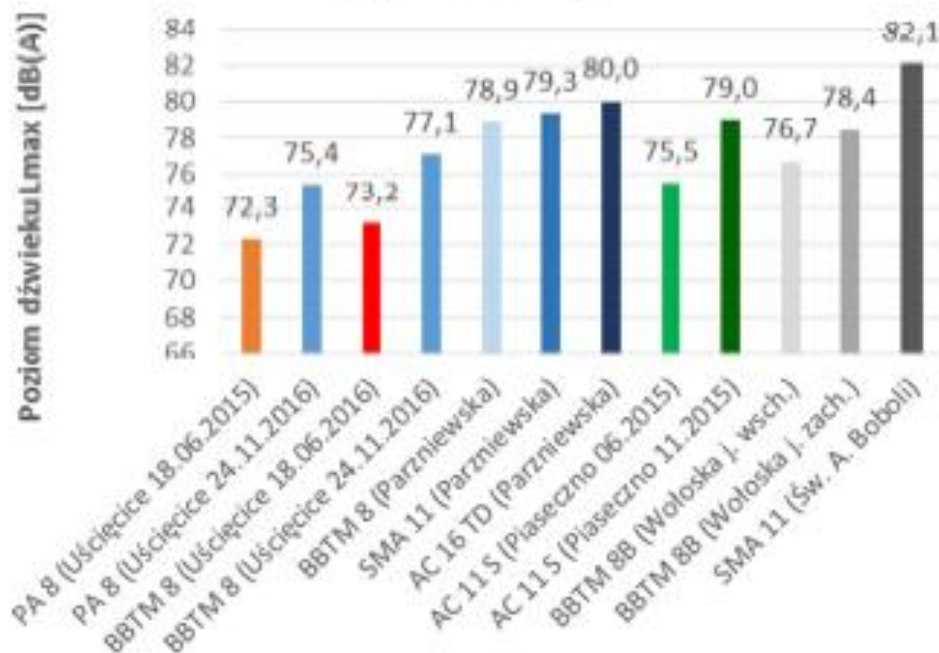
- SMA-LA?
- PA? / PA dwuwarstwowa?
- BBTM?
- guma w mma?

Zgodnie z literaturą

- Niekonsekwencja w wynikach i zaleceniach
- Zależność od jakości wykonania i warunków eksploatacji
- Istotne zagadnienie zmiany właściwości akustycznych w czasie
- Konieczne są rozwiązania zapewniające trwałość nawierzchni w warunkach klimatycznych panujących w Polsce (> 100 cykli zamarzania/rok)
- Bezpieczeństwo ruchu pojazdów (szorstkość) – kwestia kluczowa!

Prognozowane poziomy dźwięku L_{max} przy
prędkości 90km/h

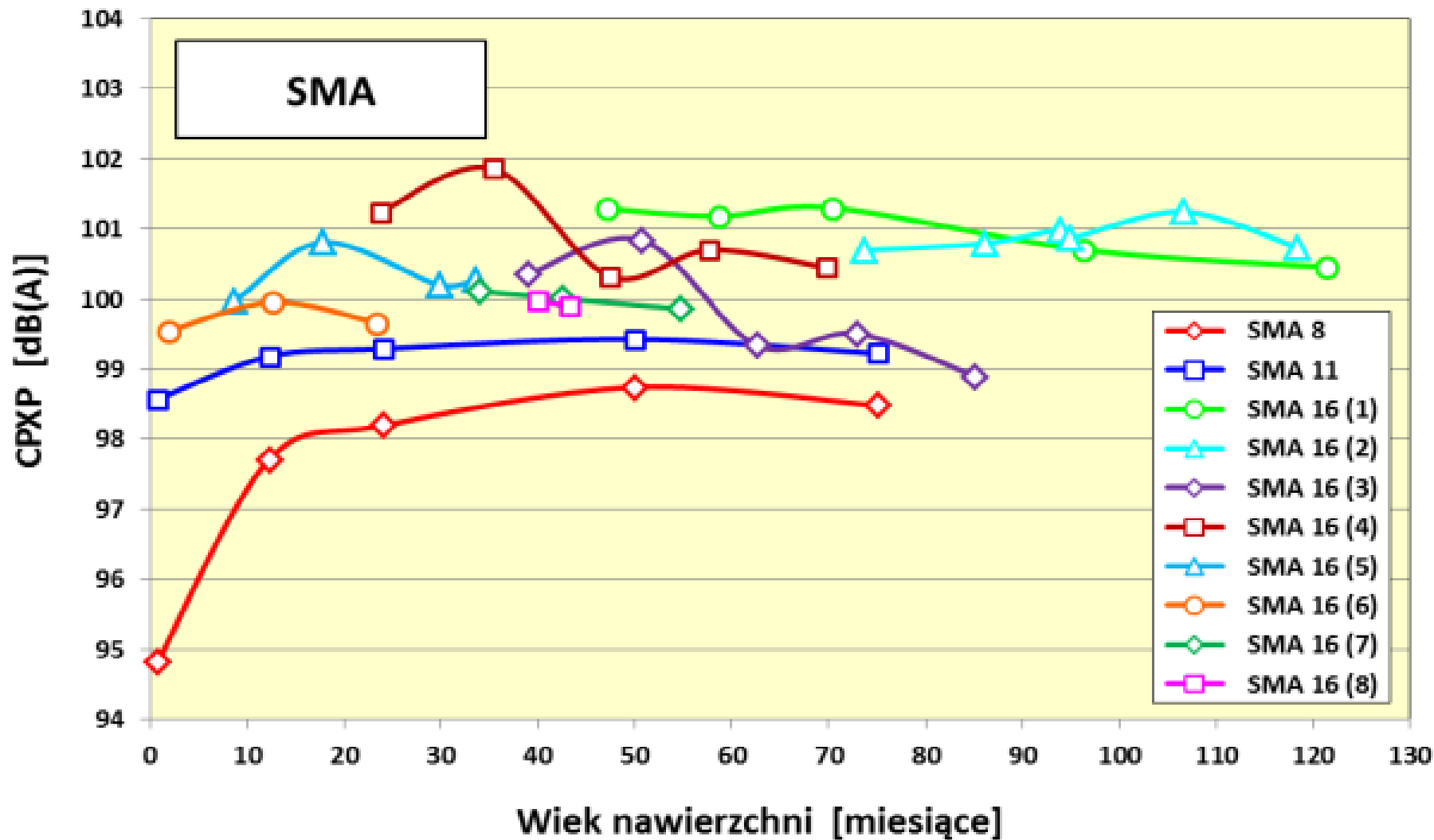
Metoda
CPB



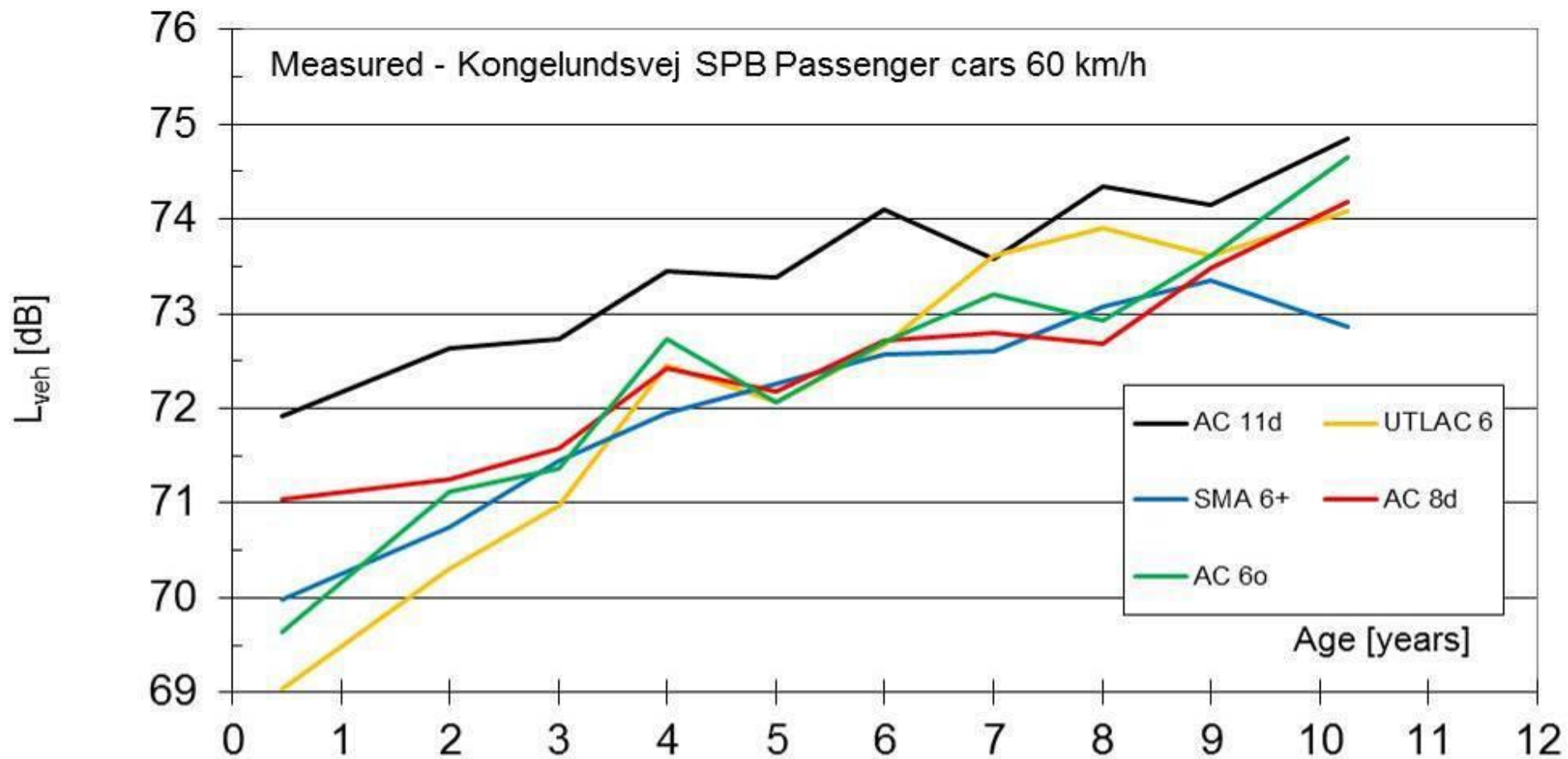
$$L_{SPB}(t) = 80.9 + 1.27 \cdot \lg(t)$$

L_{SPB} prognozowany poziom dźwięku wg metody SPB db(A)
 t czas eksploatacji nawierzchni (lata)

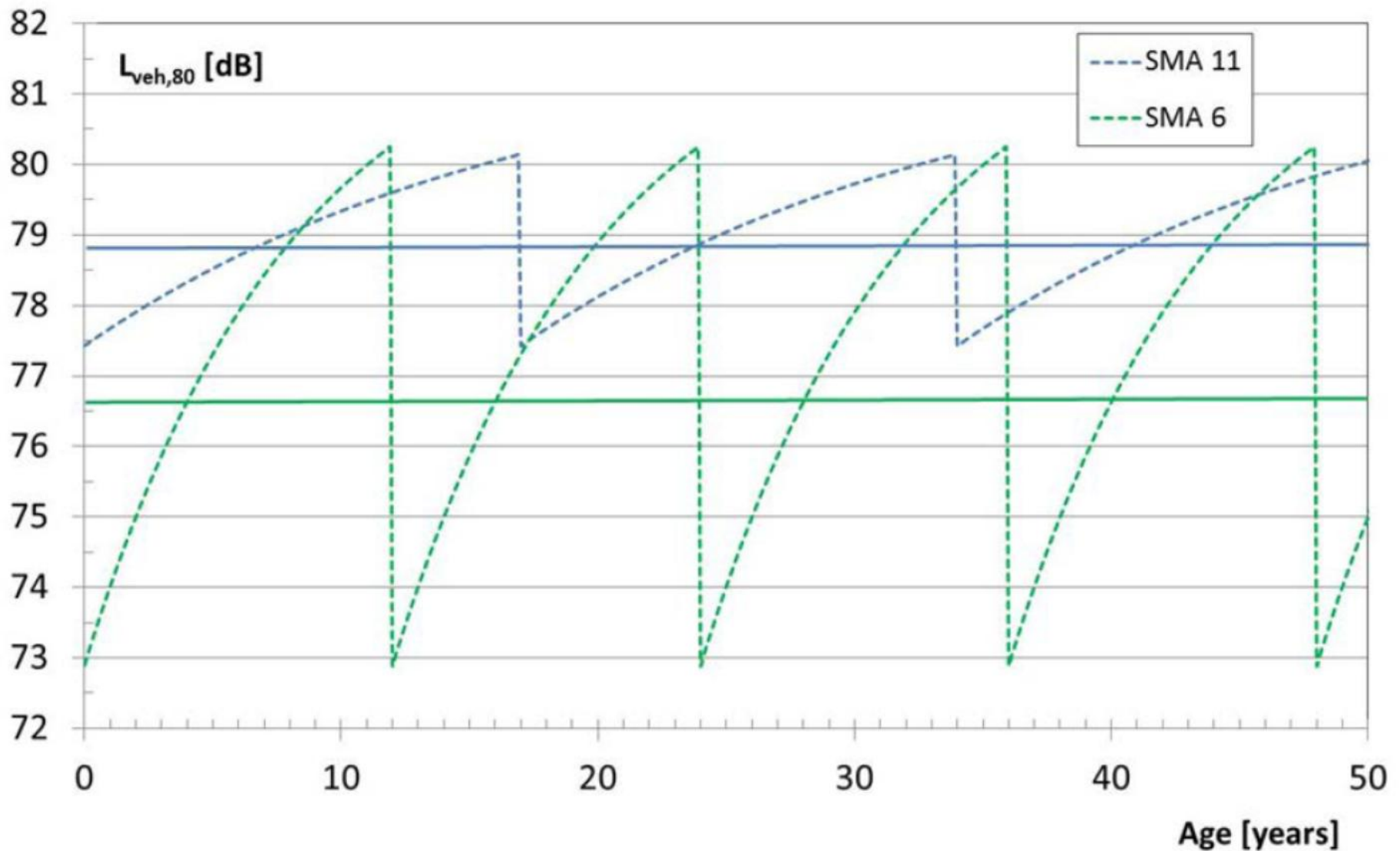
wg Bartolomaeus W.,
Measurements on low noise
road surfaces, Internoise
2016



Wpływ starzenia się nawierzchni z mastyksu grysowego na hałas generowany przez samochody osobowe



- Rezultaty pomiarów metodą SPB dla samochod. osobowych na 5 nawierzchniach – droga miejsk w Kopenhadze w okresie 10 lat - CEDR 2017-01



Skonstruowany przykład zmian hałaśliwości w czasie dla standardowej naw. SMA11 i redukującej hałas cienkiej warstwy SMA6 dla okresu 51 lat , jako hałas mierzony metodą SPB. Różnica wartości linii wynosi 2,1 dB

Ocena/pomiar hałaśliwości nawierzchni

Do oceny hałaśliwości nawierzchni stosuje się dwie metody pomiarowe:

- metodę statystycznego przejazdu - SPB (ang. Statistical Pass-By Method) oraz
- metodę „bliskiego mikrofonu” zwaną także metodą przyczepową – **CPX**

W projekcie badane są trzy metody pomiaru hałaśliwości: CPX, SPB oraz OBSI.

Pomiary wykonywane są tymi metodami.

Metody pomiaru hałaśliwości

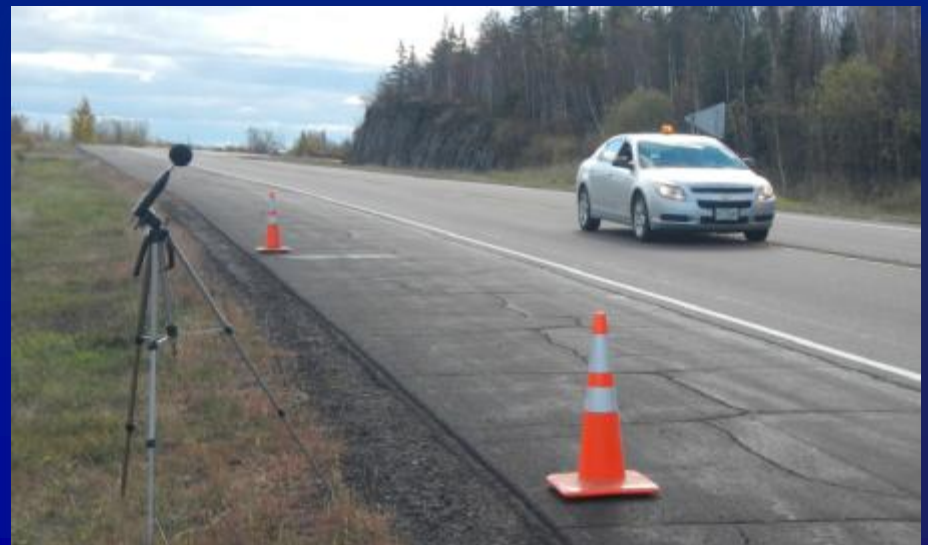
■ CPX przyczepa



■ OBSI i OBSIe



■ SPB i CPB



Wnioski dotyczące cichych nawierzchni – CEDR Tech Report 01-2017 (wybrano 3 z 16)

- Sa różne typy nawierzchni redukujących hałas, które mogą być zastosowane – wszystkie mają swoje plusy i minusy
- Ważnym jest, aby posiadać „krajową nawierzchnię referencyjną” w odniesieniu do hałasu i posiadać jasną metodę określania redukcji hałasu przez nawierzchnię.
- Hałas powinien być traktowany jako aktywny parametr w systemach PMS



- Prowadzone badania obejmują poszczególne wymienione elementy i czynniki, m.in: wpływ oddalenia budynku od drogi i od sąsiedniej zabudowy,
- Wobec b. dużego zakresu merytorycznego pracy, w tym zwłaszcza podsumowującego zadania 9, dużą rolę odgrywają studia literatury. Ważne są takie wyniki badań, których autorzy projektu nie mogli przeprowadzić (zakres, czas przewidziany na realizację projektu: 2l, środki, aparatura i inne)

Jak oceniać dostępną literaturę pod kątem naszych potrzeb, wg uzyskanych materiałów? Czego brakuje? Odmienna sytuacja w Polsce

Dużo pozycji: Euronoise, Internoise, raporty CEDR

Bardzo mało pozycji dotyczących: urbanistyki otoczenia dróg (dostępność, ekranowanie, brd), wymogów dotyczących lokalizacji zabudowy przy drogach. Brak troski gmin, wszystko adm. drogowa

Co należy chronić, czego nie?

Nie wykorzystuje się map hałasu w projektowaniu (ale trzeba je robić!!! Tylko po co?

Badania ankietowe mieszkańców dotyczące wiedzy nt.

- hałasu i wrażliwości na hałas przed zakupem działki i realizacją budynku (lub przed zakupem domu, mieszkania w bloku),
- przesłanek wyboru lokalizacji budynku na działce i pomieszczeń w budynku, oraz wjazdu na posesję,
- lokalizacji stref cichych, zagospodarowania działki pomiędzy budynkiem i drogą

Badania wykonywane tw ramach zadań 7 i 8

7. Dotyczą grup zabudowy/osiedli

8. Dotyczą pojedynczych budynków i posesji

Są one prowadzone następującymi metodami:

- a) bezpośrednie pomiary hałasu i parametrów ruchu, w tym dla weryfikacji wyników analiz symulacyjnych. Istotną częścią badań empirycznych są badania ekranów i osłon z zieleni.
- b) badania i analizy symulacyjne z zastosowaniem programów SoundPlan ew. Knossos,

W zadaniu nr 9 podsumowującym chcemy w największym stopniu wykorzystać wyniki zadań 1-5 (nawierzchniowych) oraz 6, 7 i 8

- Czego oczekujemy w zadaniu od partnerów zajmujących się nawierzchniami (1-5)? Danych dotyczących możliwości redukcji hałasu „u źródła” i zmian tego efektu w czasie (lit) oraz określenia uwarunkowań (dotyczących wykonania, utrzymania i kosztów cichych nawierzchni

Przewidujemy opracowanie materiałów pomocniczych do wykorzystania przez projektantów zabudowy i dróg, urbanistów, władz samorządowych oraz potencjalnych mieszkańców.

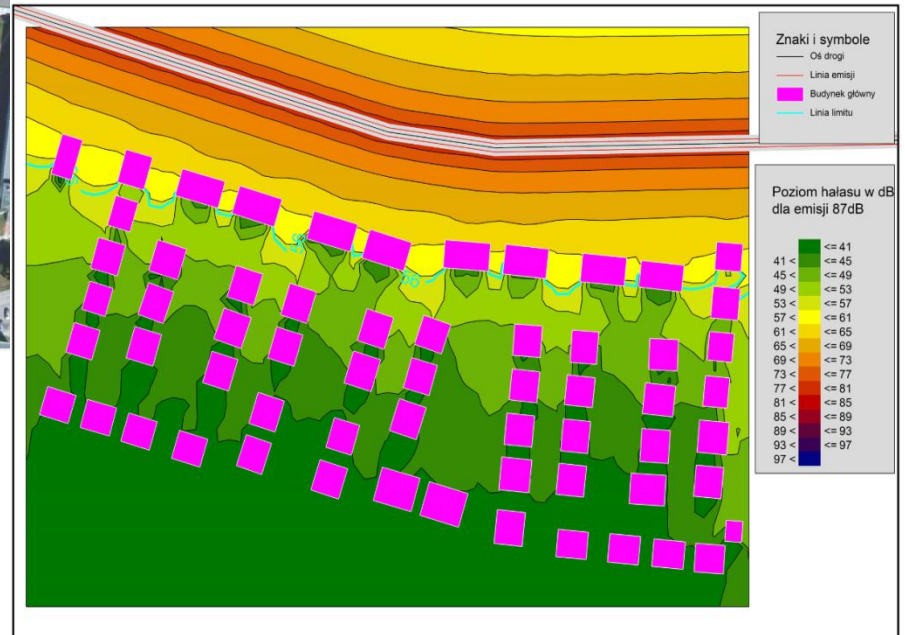
Uwzględnimy dwie sytuacje:

- nowa droga, droga modernizowana, (ew. poszerzana) przy istniejącej zabudowie oraz
- nowa zabudowa przy istniejącej drodze.

Urbanistyka. Czym można manewrować w ochronie otoczenia poza ekranowaniem ?

- Odległością: zabudowy i jej wysokością (możliwość częściowej ochrony, odległość terenu wrażliwego (np. parki), zieleń, ekranujące ogrodzenie)
- Miejscem lokalizacji zabudowy wrażliwej na posesji przy drodze i ew. dodatk. zabudowy ekranującej (np..garaż)
- Układem dróg/ulic obsługujących
- Lokalizacją zabudowy usługowo-komercyjnej jako sposobu ekranowania

Zabudowa sięgaczowa.



Ochrona garażami



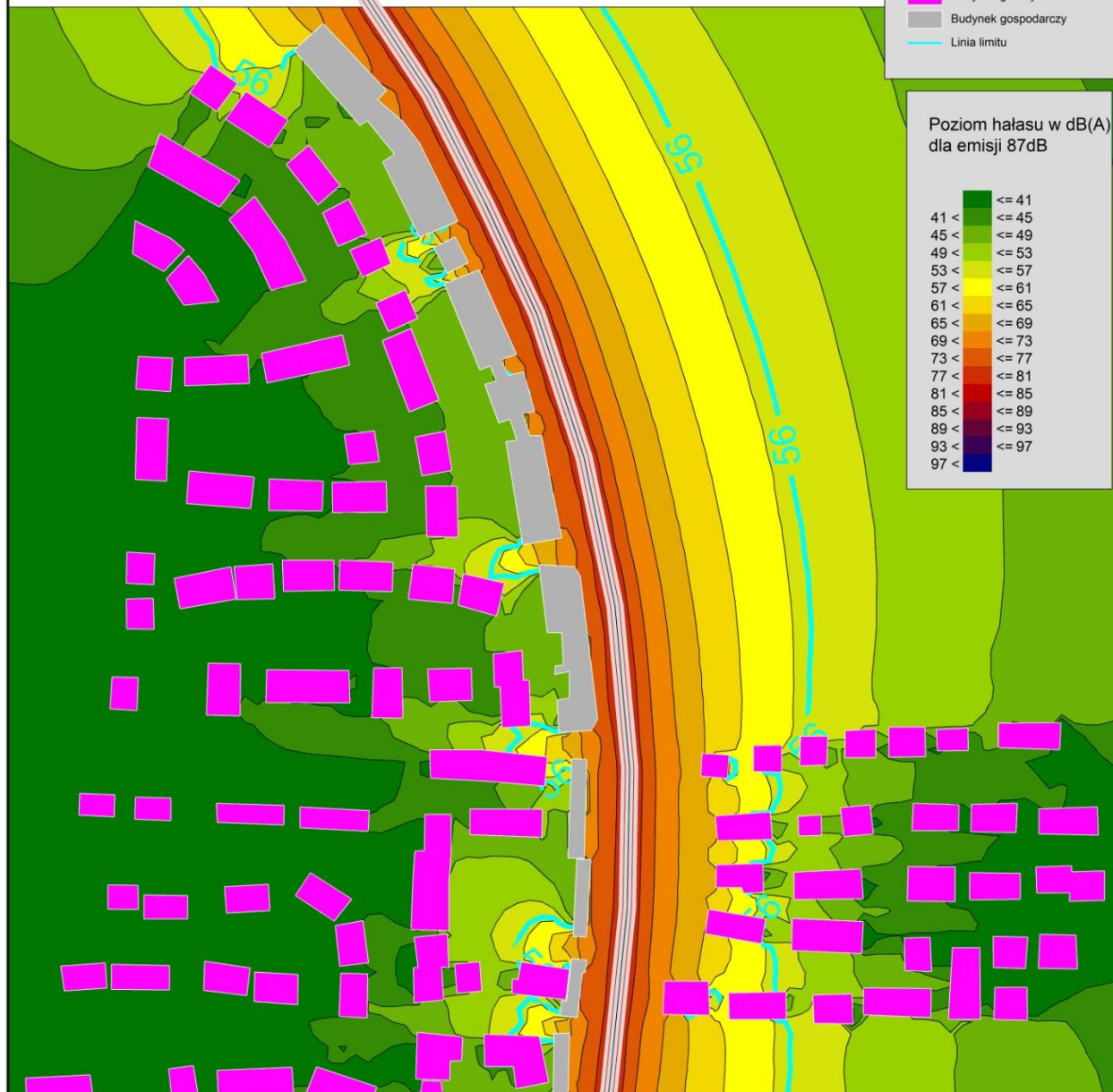
Ochrona garażami

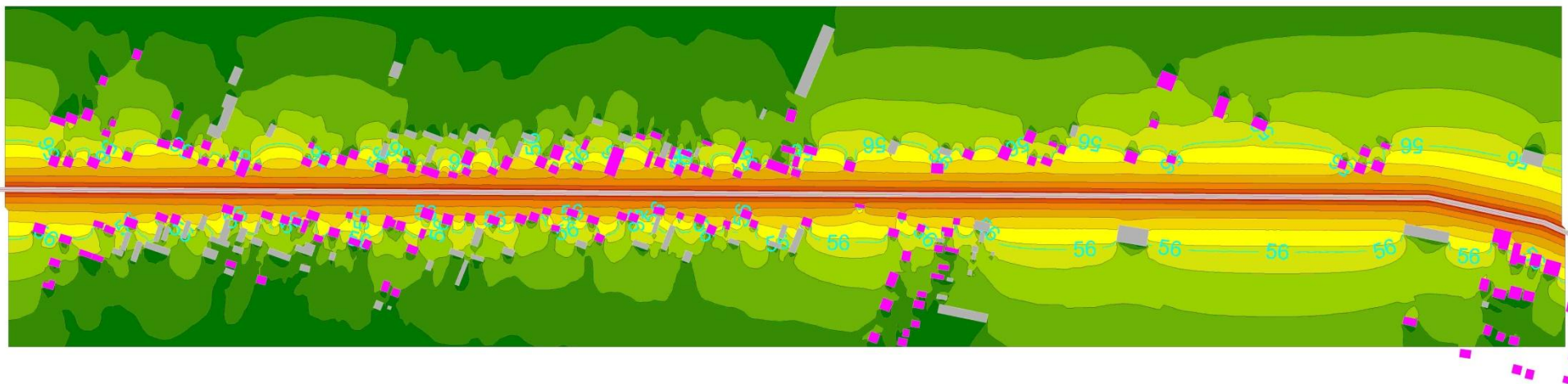
Znaki i symbole

- Oś drogi
- Linia emisji
- Budynek główny
- Budynek gospodarczy
- Linia limitu

Poziom hałasu w dB(A) dla emisji 87dB

≤ 41
41 < ≤ 45
45 < ≤ 49
49 < ≤ 53
53 < ≤ 57
57 < ≤ 61
61 < ≤ 65
65 < ≤ 69
69 < ≤ 73
73 < ≤ 77
77 < ≤ 81
81 < ≤ 85
85 < ≤ 89
89 < ≤ 93
93 < ≤ 97
97 <





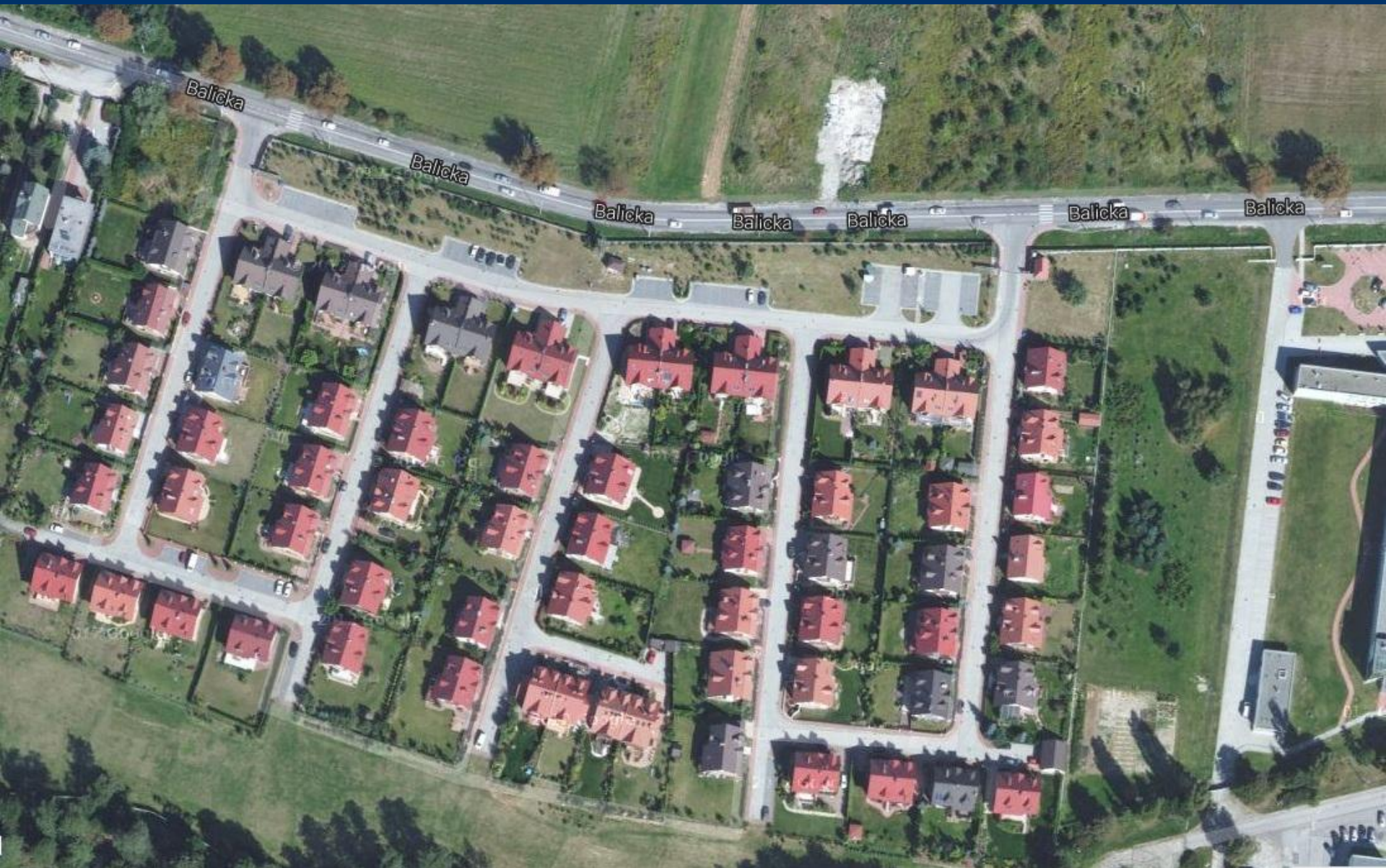
Poziom hałasu w dB
dla emisji 87dB

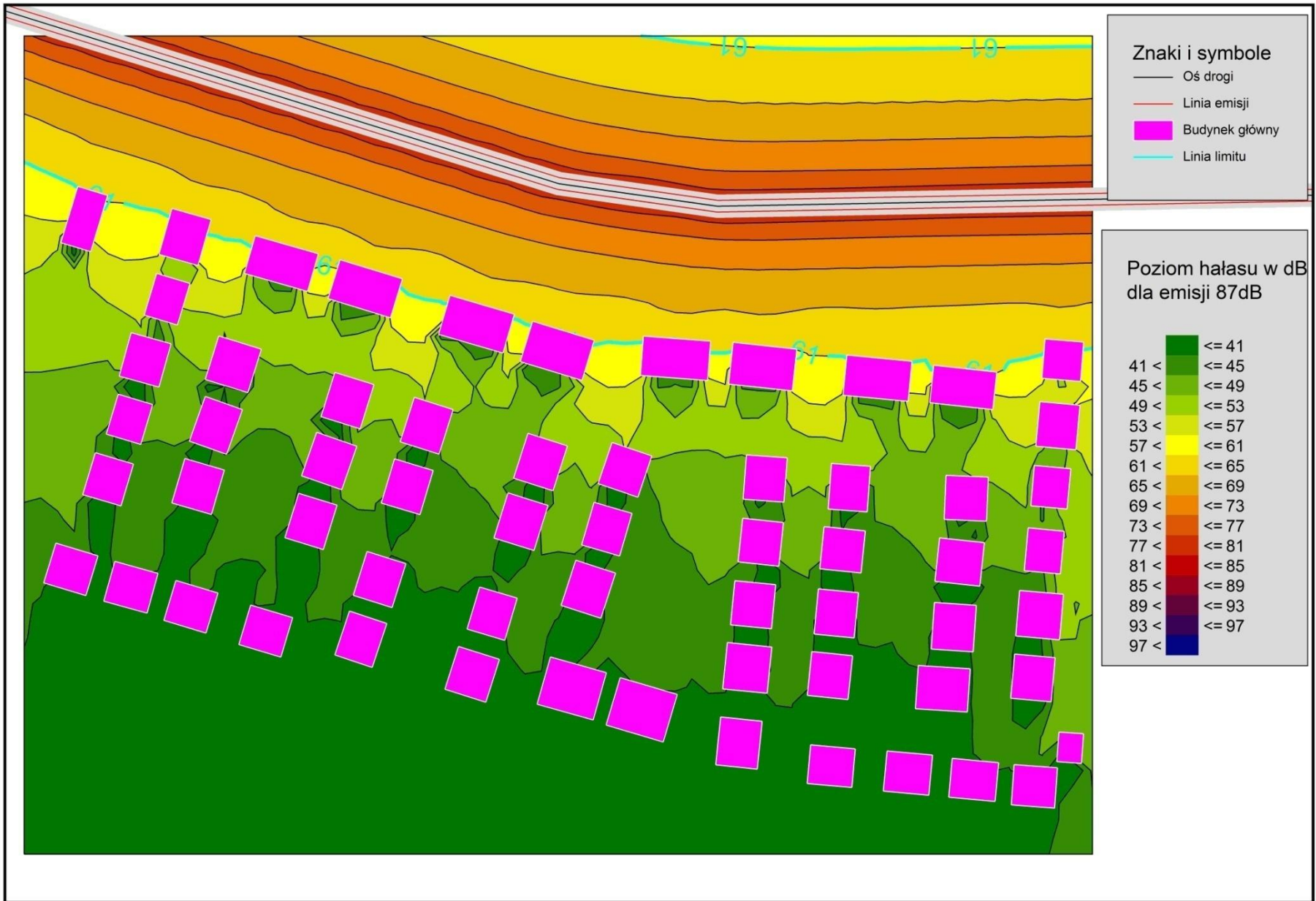
	<= 41
	41 < <= 45
	45 < <= 49
	49 < <= 53
	53 < <= 57
	57 < <= 61
	61 < <= 65

Znaki i symbole

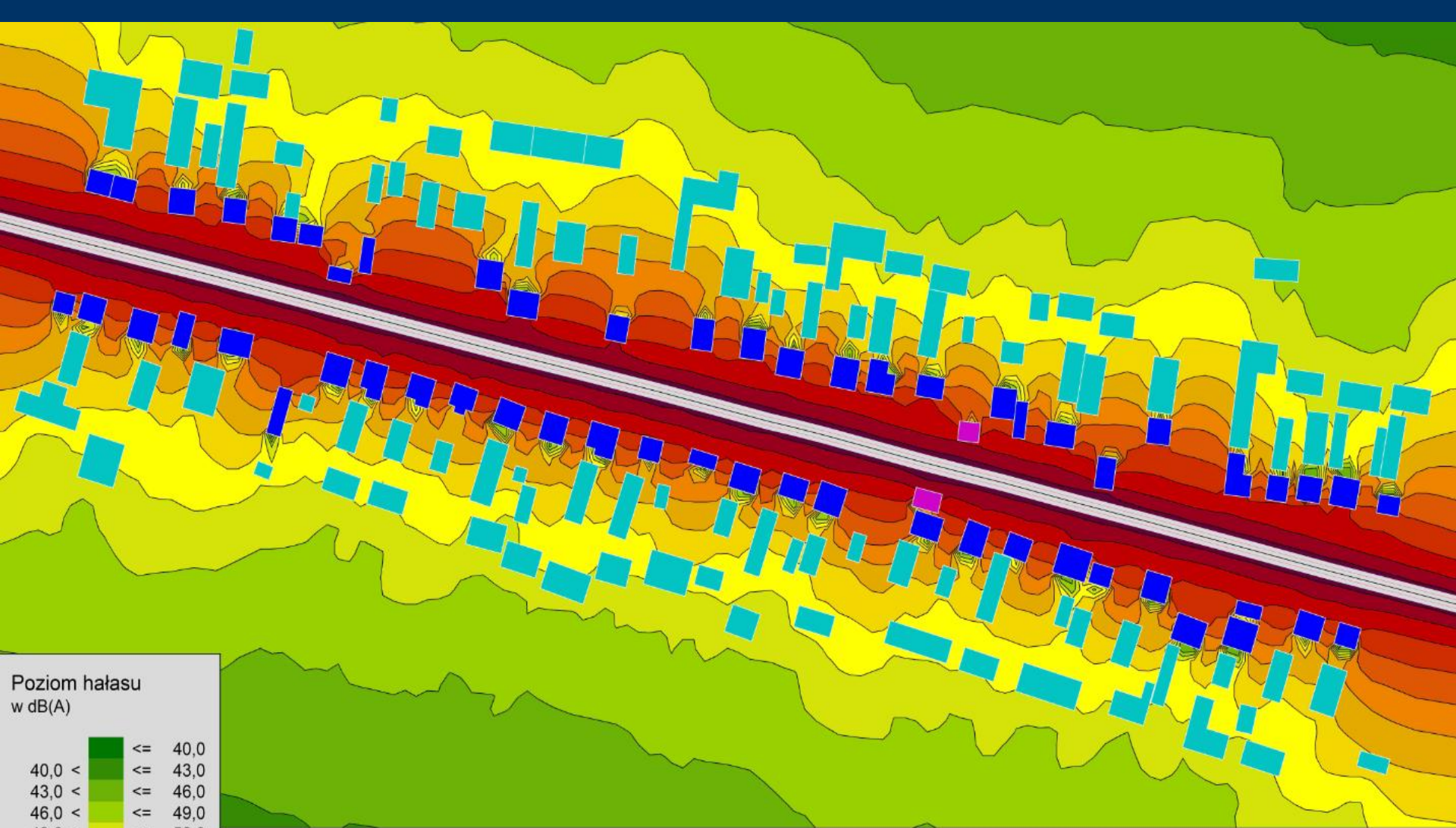
- Oś drogi
- Linia emisji
- Budynek główny
- Auxiliary building
- Linia limitu











Poziom hałasu
w dB(A)

<=	40,0
40,0 <	<= 43,0
43,0 <	<= 46,0
46,0 <	<= 49,0
49,0 <	<= 52,0
52,0 <	<= 55,0
55,0 <	<= 58,0
58,0 <	<= 61,0
61,0 <	<= 64,0
64,0 <	<= 67,0
67,0 <	<= 70,0
70,0 <	<= 73,0
73,0 <	<= 76,0
76,0 <	<= 79,0
79,0 <	<= 82,0
82,0 <	

Znaki i symbole

—	Oś drogi
—	Linia emisji
■	Jezdnia
■	Budynek mieszkalny
■	Garaże
■	Zabudowa komercyjna

**Jak lokalizować wrażliwą
zabudowę?**
Nie tak!!! Czynniki dostępności



PUNKT POMIAROWY 3

PUNKT POMIAROWY 2

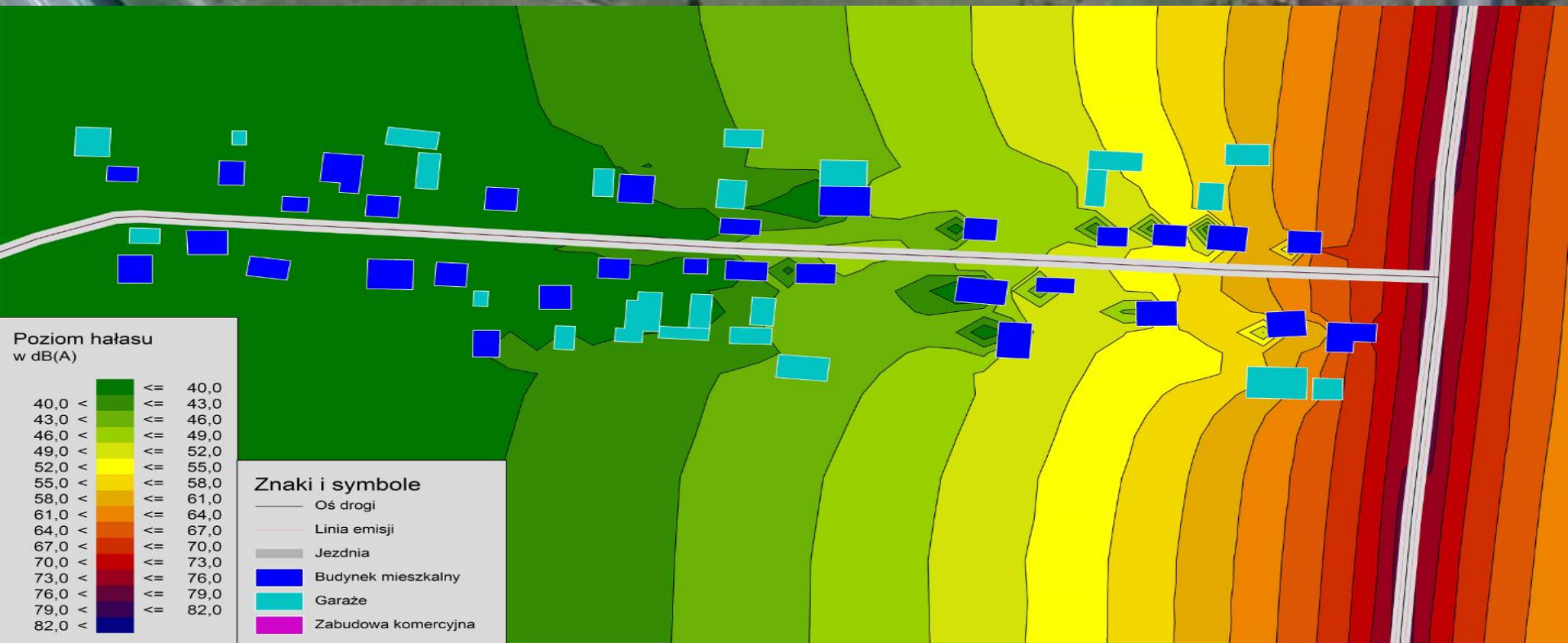
PUNKT POMIAROWY 5

PUNKT POMIAROWY 4

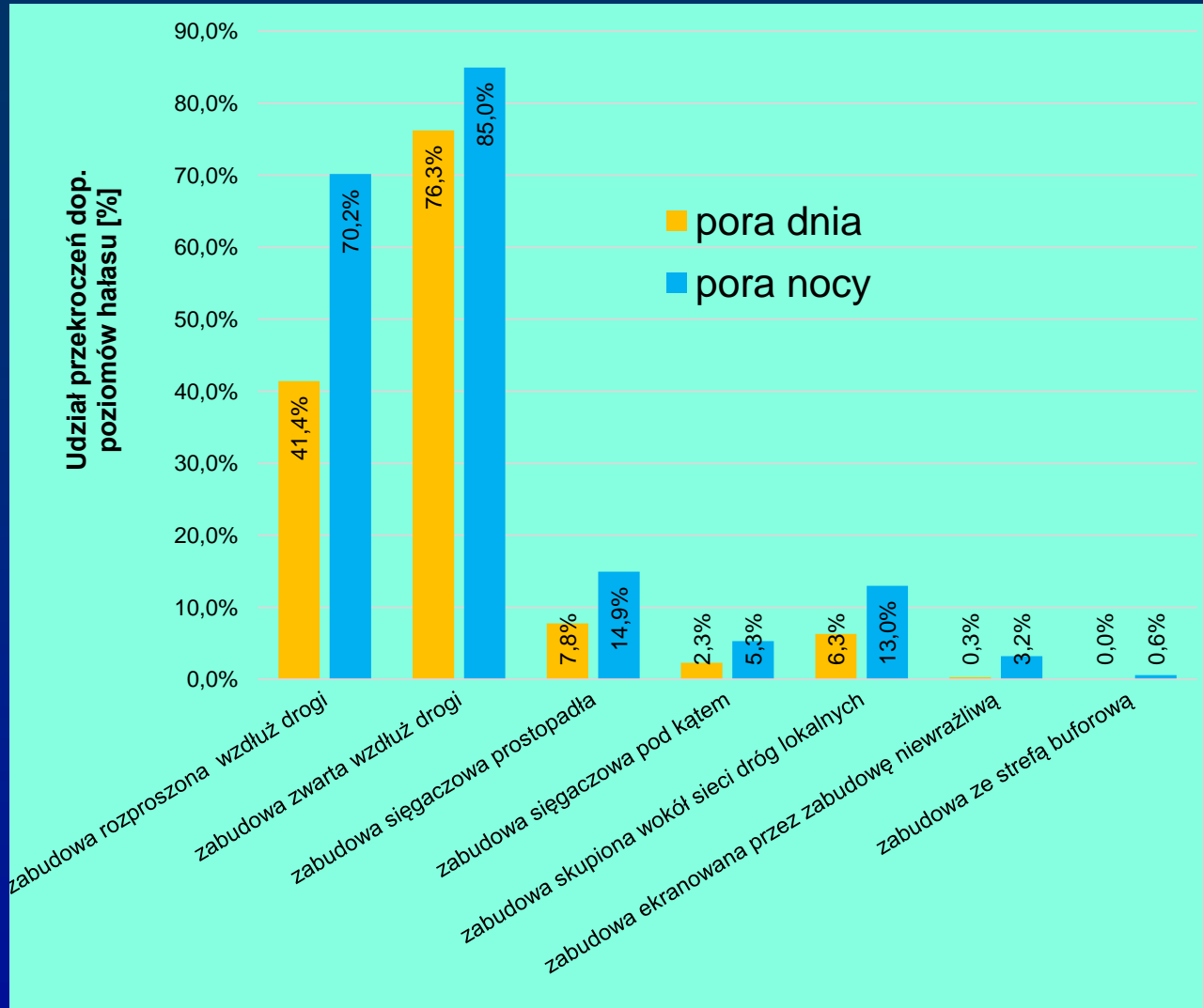
PUNKT POMIAROWY 7

PUNKT POMIAROWY 1

PUNKT POMIAROWY 6



EKSPOZYCJA NA HAŁAS TYPOWYCH UKŁADÓW ZABUDOWY



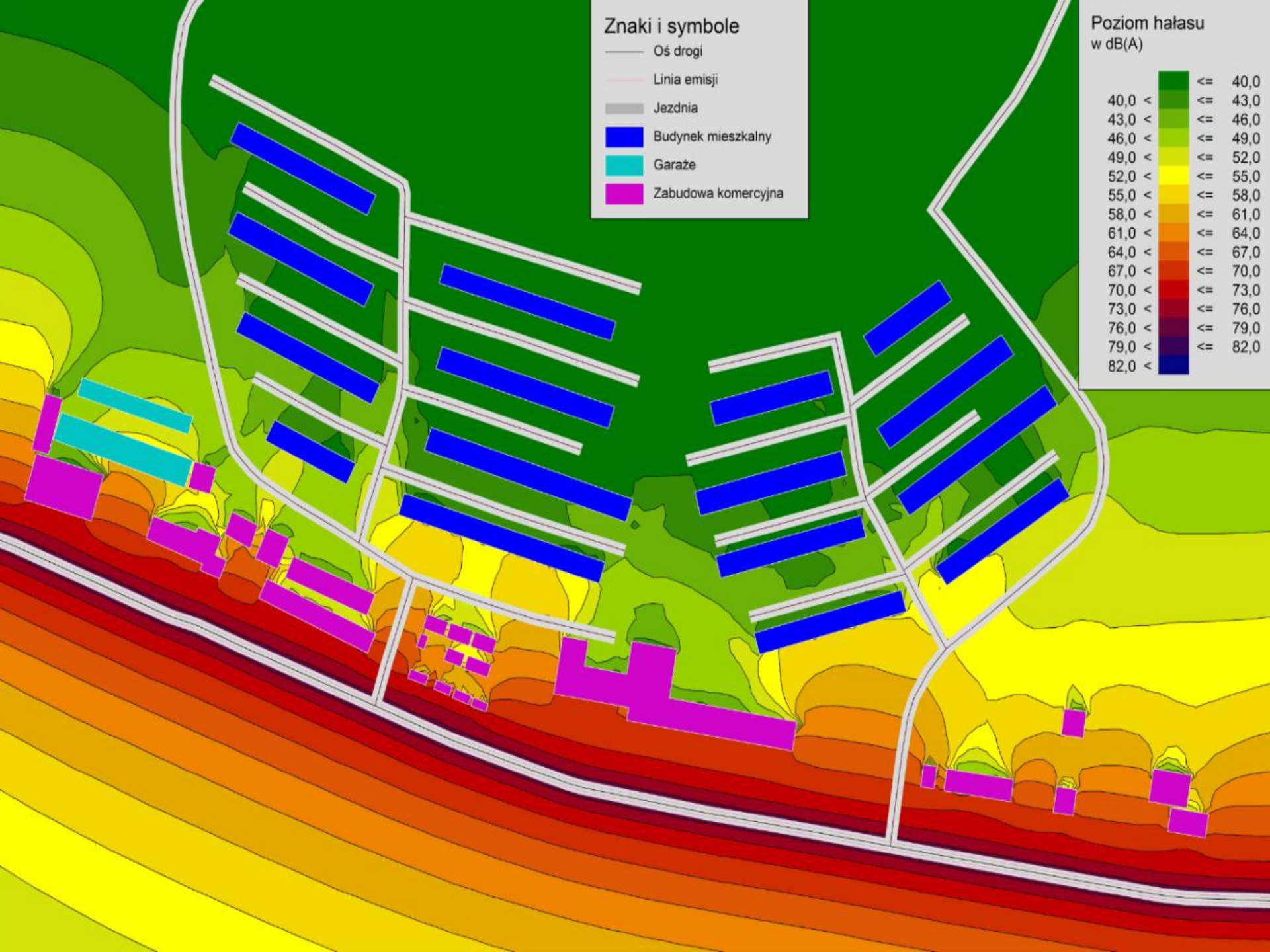
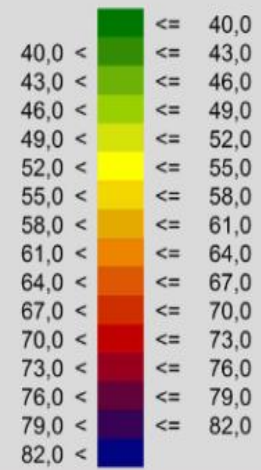
Udział przekroczeń dop. poziomów hałasu w porze dnia i nocy dla wybranych typów układów zabudowy przy emisji hałasu drogowego na poziomie 87 dB



Znaki i symbole

- Oś drogi
- Linia emisji
- Jezdnia
- Budynek mieszkalny
- Garaże
- Zabudowa komercyjna

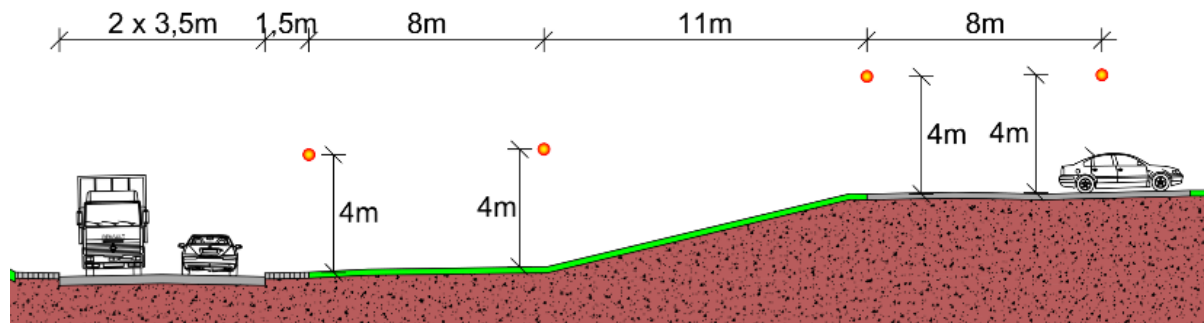
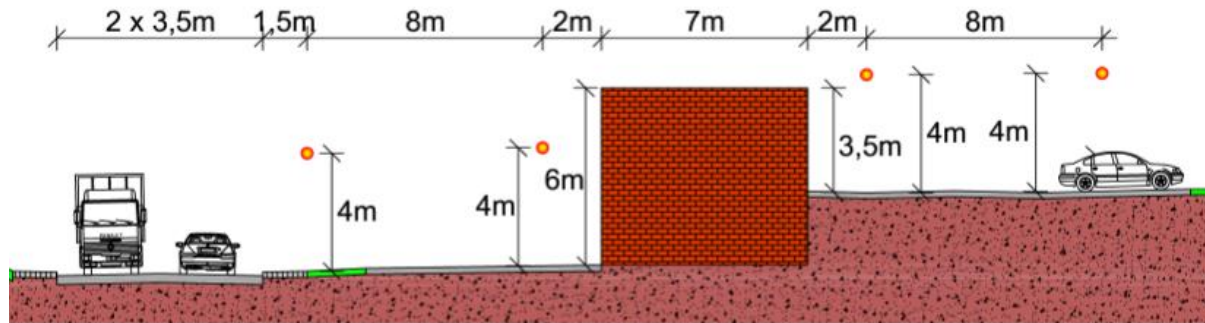
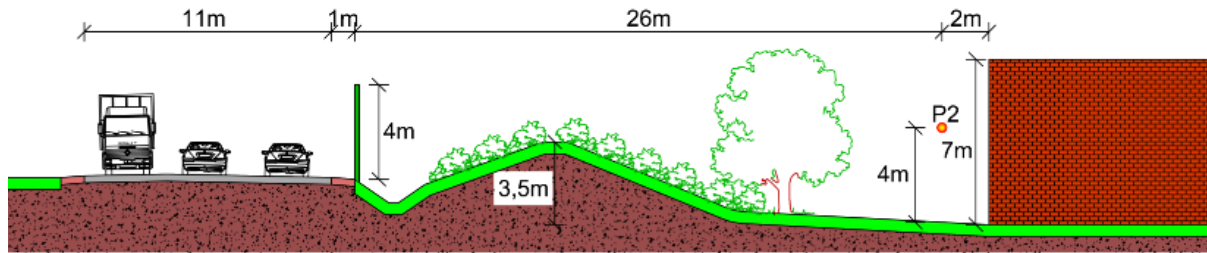
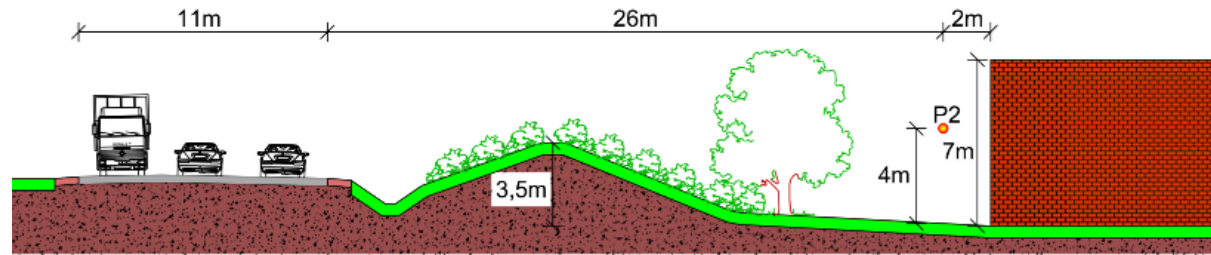
Poziom hałas w dB(A)



Sposoby kształtowania klimatu akustycznego posesji przyległej do drogi

- 1. Usytuowanie budynków na terenie działki**
- 2. Odpowiednie ogrodzenia**
- 3. Roślinność**
- 4. Ekranowanie wewnętrzne**
- 5. Usytuowanie i wielkość otworów okiennych**
- 6. Układ pomieszczeń**
- 7. Dźwiękoizolacyjne elewacje i okna**

ANALIZOWANE PRZEKROJE POMIAROWE



Badanie indywidualnych środków ochrony akustycznej pojedynczych obiektów

W roku 2016 przeprowadzono badania empiryczne efektywności środków indywidualnej ochrony akustycznej innych niż ekrany akustyczne w trakcie których określono potencjał redukcji hałasu przy wykorzystaniu wskaźnika L_{Aeq} (poziom równoważny [dB]) jak również analizy widma hałasu (pomiar z użyciem filtrów oktawowych – ocena redukcji hałasu dla różnych pasm częstotliwości)

Badano efektywność takich elementów infrastruktury jak:

- wały/ekrany ziemne,
- zieleń w postaci żywopłotów, drzew iglastych, żywotników (tuje),
- barier brd,
- ogrodzeń z różnych materiałów w tym gabionowych
- kombinacje ww. elementów.

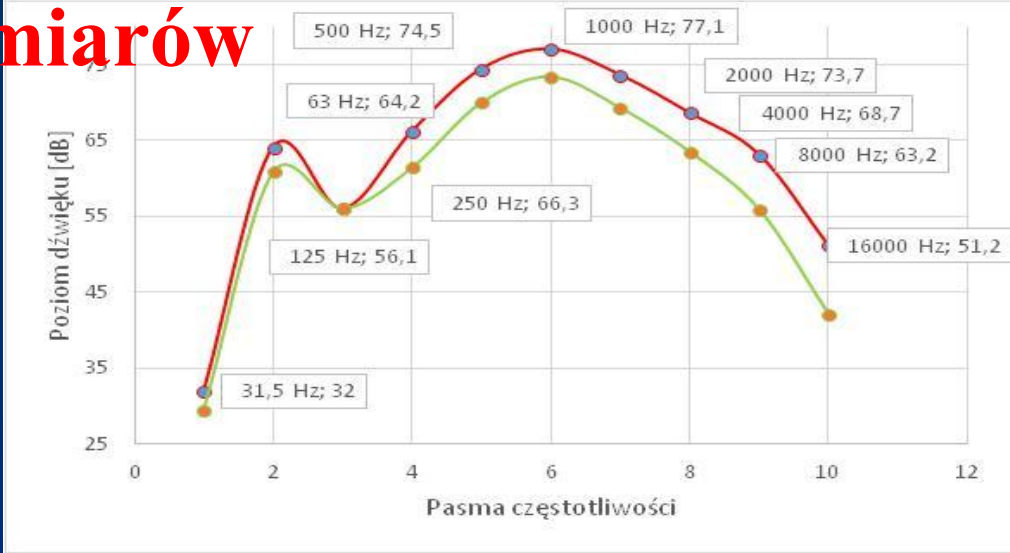
Cel pomiarów i badań sym.

- Weryfikacja modelu obliczeniowego SoundPlan (SP)
 - Pomiar równoważnego poziomu hałasu korygowanego wg krzywej A (L_{Aeq} [dB]) – min 3 x 15 min na jednej pozycji z pomiarem towarzyszącym ruchu
- Empiryczna ocena potencjału redukcji hałasu przez różne obiekty
 - Pomiar równoważnego poziomu hałasu korygowanego wg krzywej A (L_{Aeq} [dB])
 - Pomiar potencjału redukcji hałasu dla pasm częstotliwości (widma) -
 - widmo generowane przez pojazdy lekkie
 - widmo generowane przez pojazdy ciężkie

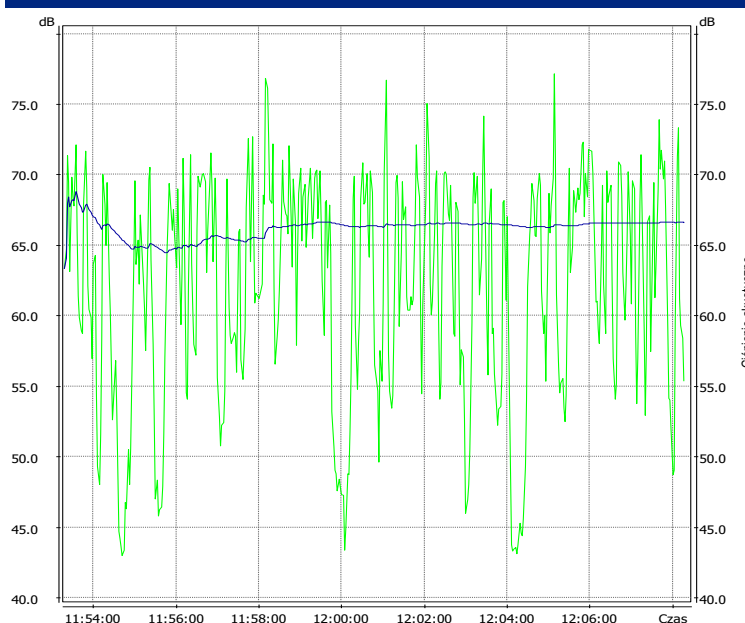
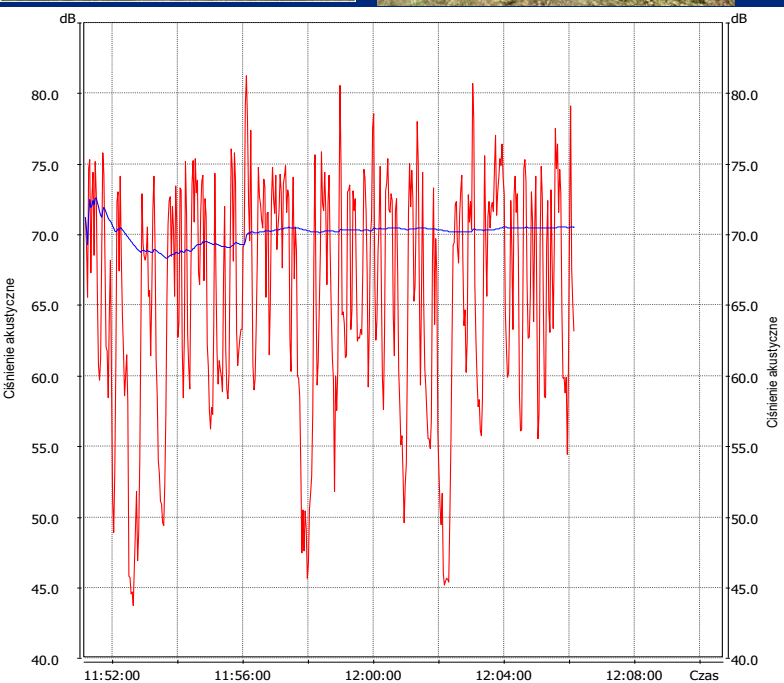
Przykładowy poligon pomiarowy



Przykładowe wyniki pomiarów



Poziomu hałasu przed i za szeregiem tuji przy zastosowaniu filtrów oktaowych



Wyniki pomiaru poziom równoważnego dźwięku przed (kolor czerwony) i za (kolor zielony) badanym ciągiem tuji

Pomiary rozkładu hałasu wewnątrz posesji



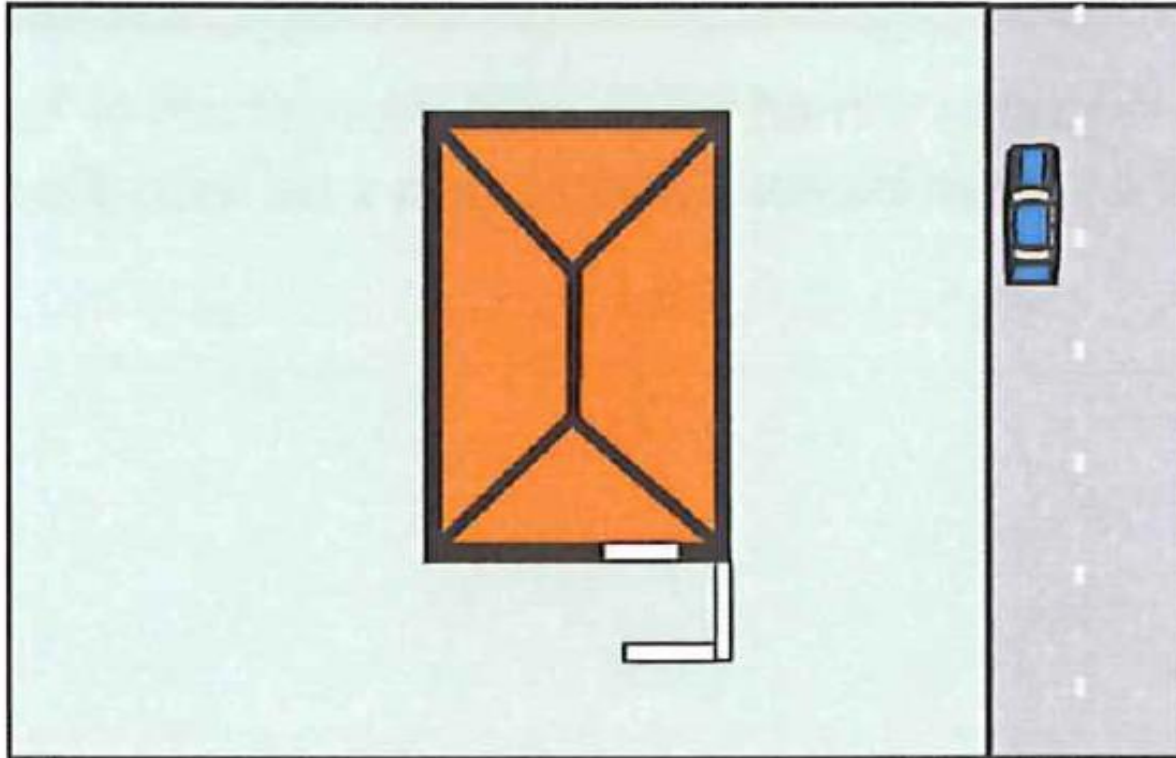
Czym można manewrować w planowaniu i w projektowaniu ochrony akustycznej budynku?

- Odległością od drogi i lokalizacja drogi dojazdowej
- Położeniem i ułożeniem zabudowy wrażliwej w obrębie działki w pobliżu drogi
- Układem pomieszczeń wewnątrz budynku
- Konstrukcją okien i drzwi oraz ścian
- Różnymi formami ekranowania (sztuczne, zieleń)



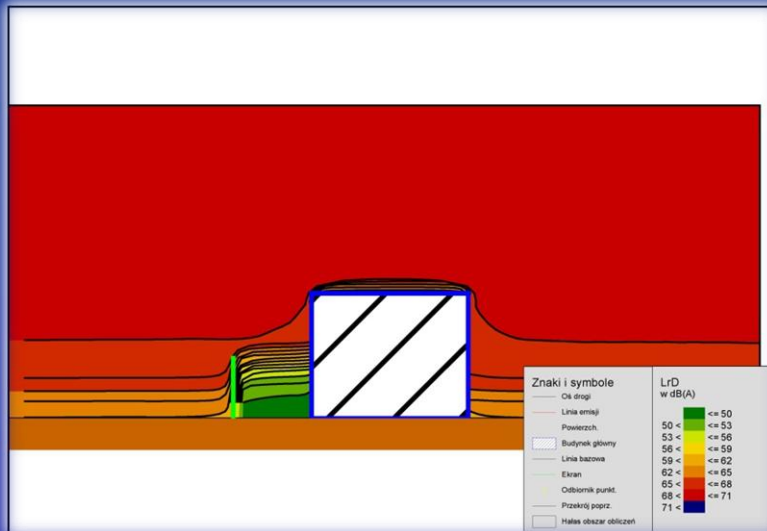
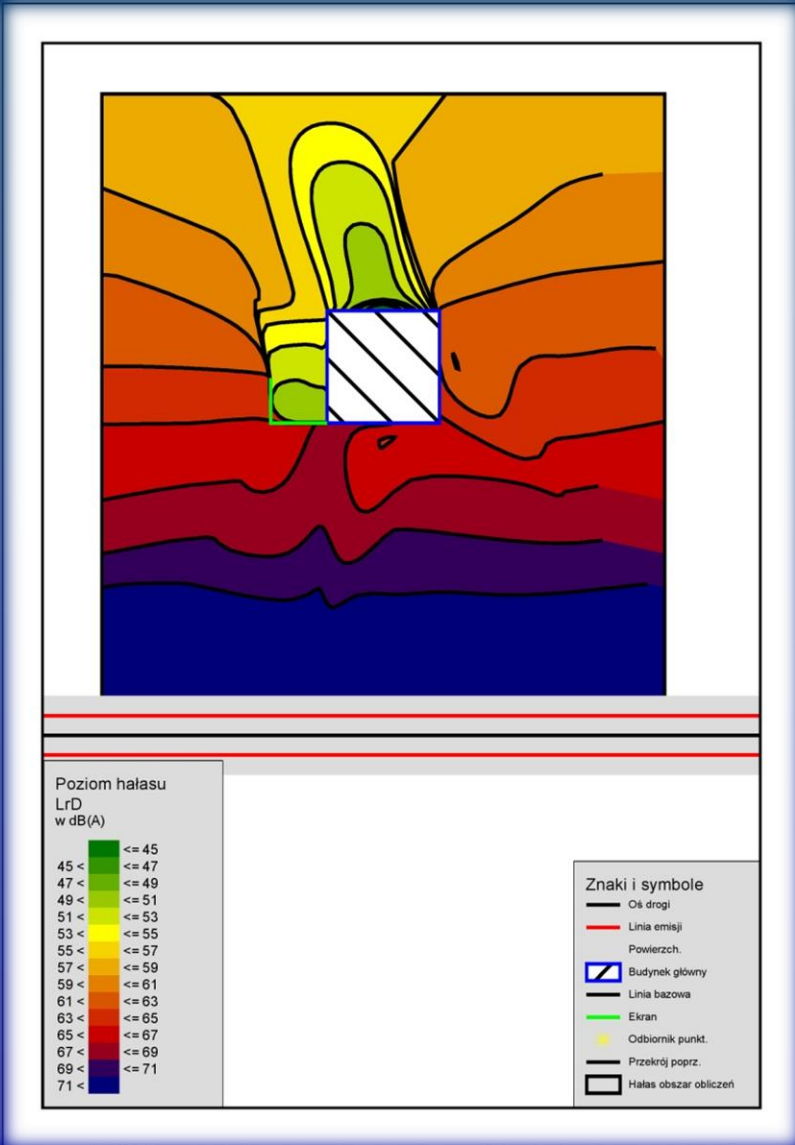
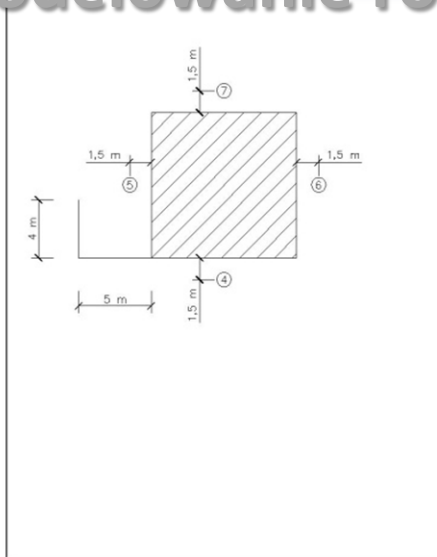






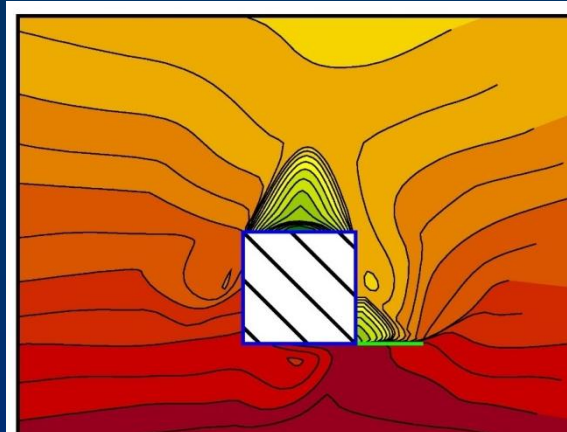
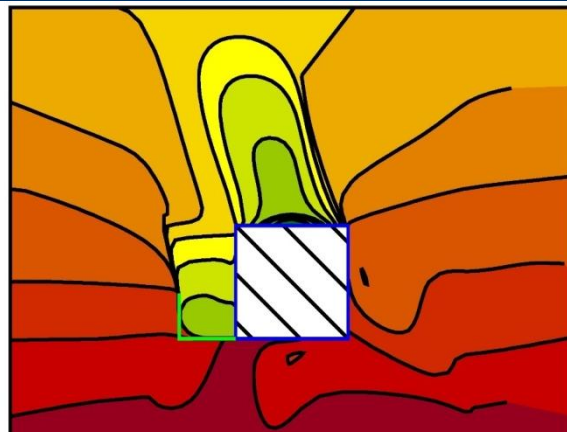
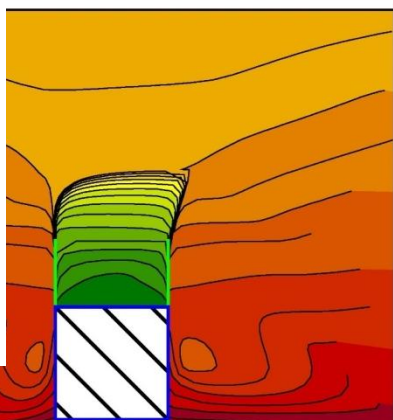
A small right angle return on the fin wall significantly increases the protection to this side window.

Modelowanie rozkładu hałasu wewnątrz posesji

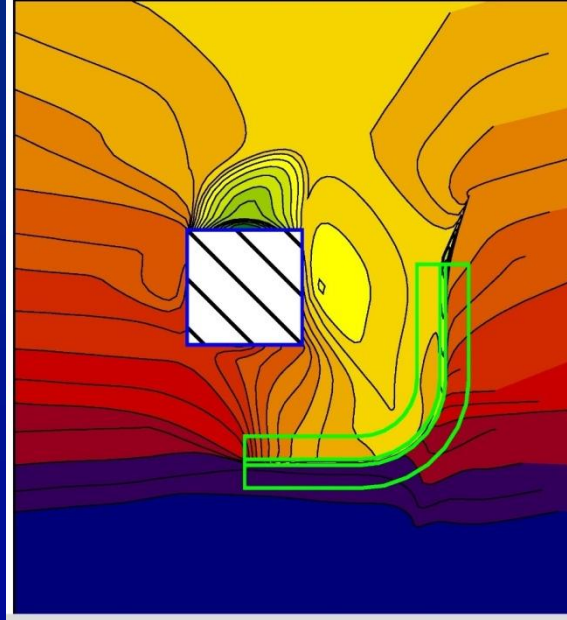
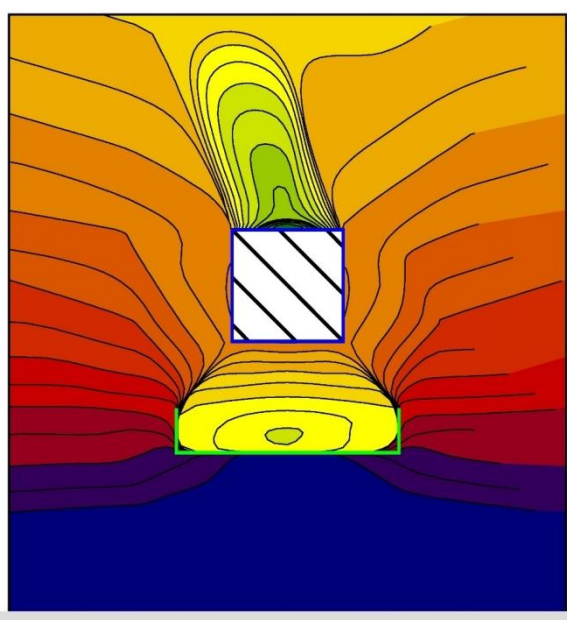
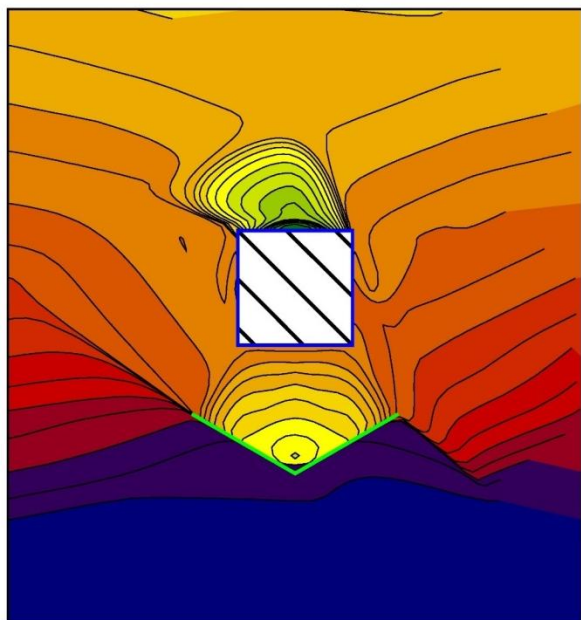


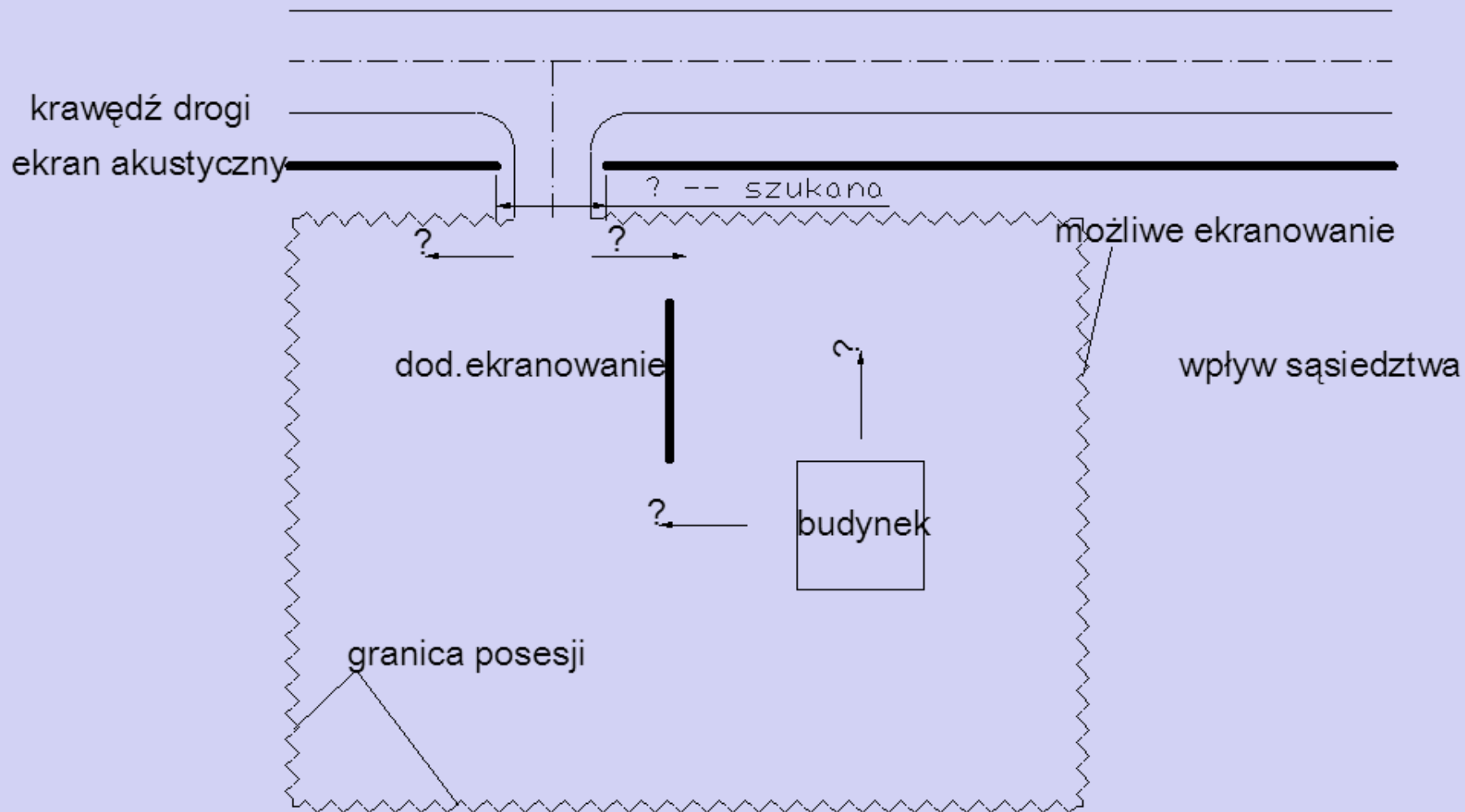
Poziom hałasu
LrD
w dB(A)

<= 45
45 <
47 <
49 <
51 <
53 <
55 <
57 <
59 <
61 <
63 <
65 <
67 <
69 <
71 <



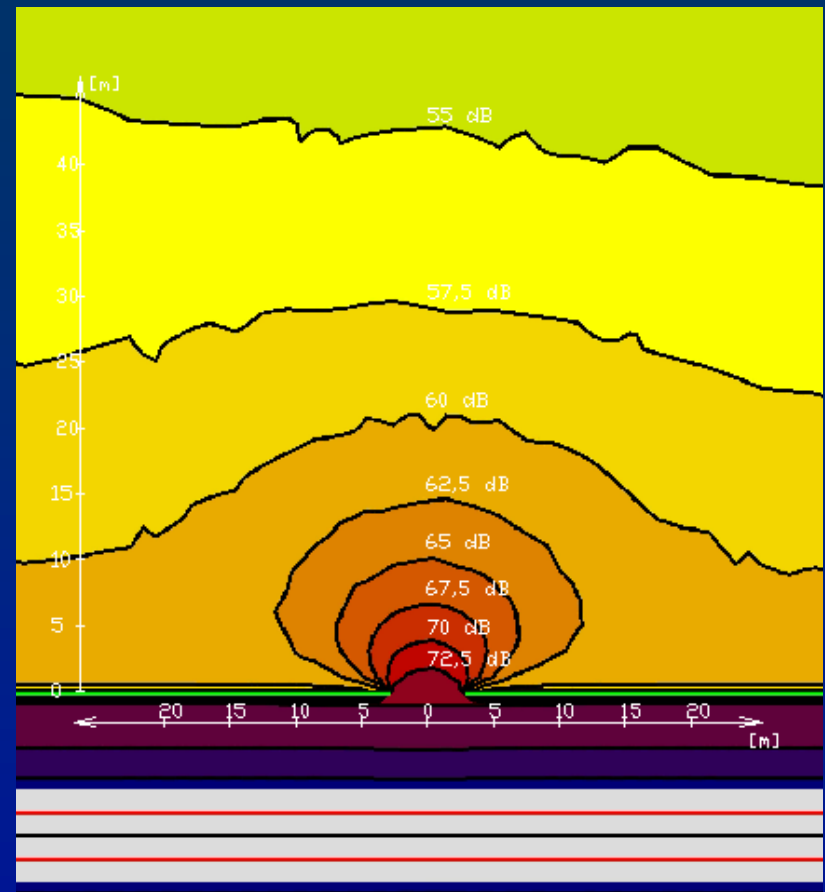
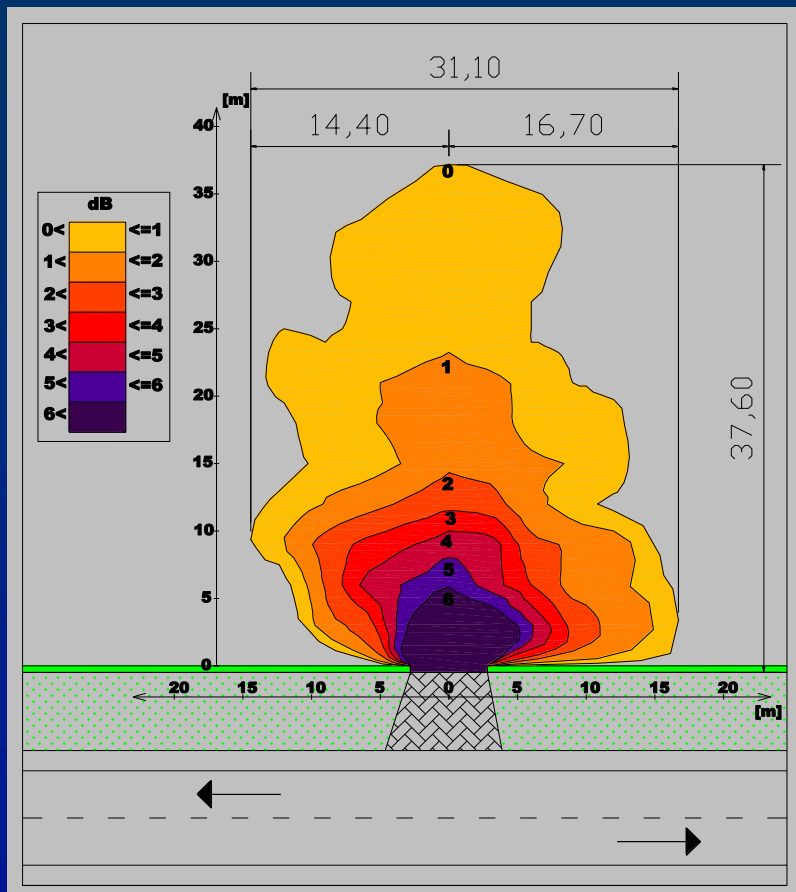
Rozkład hałasu na terenie posesji przy różnych wariantach ekranowania
wewnątrz posesji











Porównanie stref wpływu wjazdu wg badań i prognoz wg SoundPLAN.

Wnioski (dobór metod, środków i sposobów)

- Najefektywniejsze to racjonalne **planowanie zagospodarowania otoczenia dróg**, w tym zwłaszcza dróg klasy GP z wykorzystaniem map hałasu i **uwzględnieniem ekspozycji na hałas WEH**
- Część obowiązków powinny przejąć samorządy zwłaszcza w zakresie planowania otoczenia dróg.
- Analiza ekonomiczna powinna uwzględniać koszty poszczególnych działań, trwałość zastosowanych rozwiązań (np. ekranowania, cichych nawierzchni

- Brak krajowego programu ochrony przed hałasem drogowym. Zła współpraca administracji drogowej, środowiskowej i zagospodarowania przestrzennego
- Warto skorzystać z wyników prac wykonywanych w opisywanym projekcie oraz w programach: CEDR, HOSANNA i innych

- **Są początki zmian!** Ale problemami są min.:
- brak wrażliwości na hałas przy zakupie działki, domu, mieszkania przed zamieszkaniem,
- szukanie tanich rozwiązań przez deweloperów
zwalanie obowiązku ochrony na administrację drogową.
- brak instrukcji, przewodnika, wytycznych dla władz gminnych, deweloperów, projektantów, a także mieszkańców,
- Niepewność co do efektu cichej naw. (2-3 dB i zmienne, a awantury są o 1-2 dB). Potrzebne są pewne zmiany w prawie.

Przewidujemy opracowanie materiałów pomocniczych dla planistów gminnych, urbanistów, projektantów zabudowy i dróg, dla władz samorządowych oraz potencjalnych mieszkańców.

Uwzględniamy dwie sytuacje:

- Nowa droga, droga modernizowana, (ew. poszerzana) przy istniejącej zabudowie oraz
- nowa zabudowa przy istniejącej drodze, zabudowa istniejąca.

W nadchodzących latach można oczekiwać zmian, które mogą wpłynąć na poziom hałasu oddziałującego na otoczenie. Nastąpi:

1. Wzrost udziału autostrad i dróg ekspresowych w sieci drogowej i udziału ruchu na tych drogach – zależy to także od opłat,
2. Wzrost zakresu stosowania ITS dla zwiększenia płynności i jednorodności ruchu
3. Wzrost udziału lekkich samochodów ciężarowych w potokach ruchu

4. Hałas „u źródła” może być mniejszy dzięki ulepszeniom technologii opon pojazdów
5. Zwiększy się stosowanie samochodów elektrycznych i hybrydowych elektrycznych
6. Wzrost trwałości nawierzchni drogowych o niższej hałaśliwości,

Poszczególne ulepszenia nie dadzą drastycznej redukcji hałasu, ale w sumie ten efekt będzie widoczny. Przy obecnym stanie wiedzy wiele można osiągnąć sterowaniem prędkością ruchu (wraz z nadzorem).

Dziękuję za uwagę przy moim
hałasowaniu!!!

Table 5 – Example of how and how much noise can be lowered by different tools, compared to how the changes in noise level are experienced (7)

Noise reduction	Can be achieved by:	Changes are experienced as:
1 dB	Removing 25% of traffic or reducing traffic speed by 5–10 km/h	Very small change
2 dB	Using noise-reducing asphalt or reducing traffic speed by 10–20 km/h	A barely audible change
3 dB	Removing 50% of traffic, increasing distance to the road by 100% or reducing speed by 15–20 km/h	An audible but small change
5 dB	Removing 65% of the traffic or using a noise berm, noise barrier or noise insulation	A considerable and clear change
10 dB	Removing 90% of the traffic or using a high noise berm, noise barrier or noise insulation	A halving of noise
20 dB	Removing 99% of traffic or building a block of flats with closed courtyard areas	A very significant change